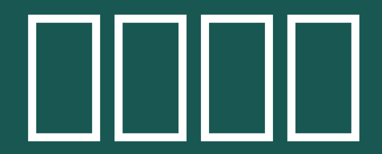
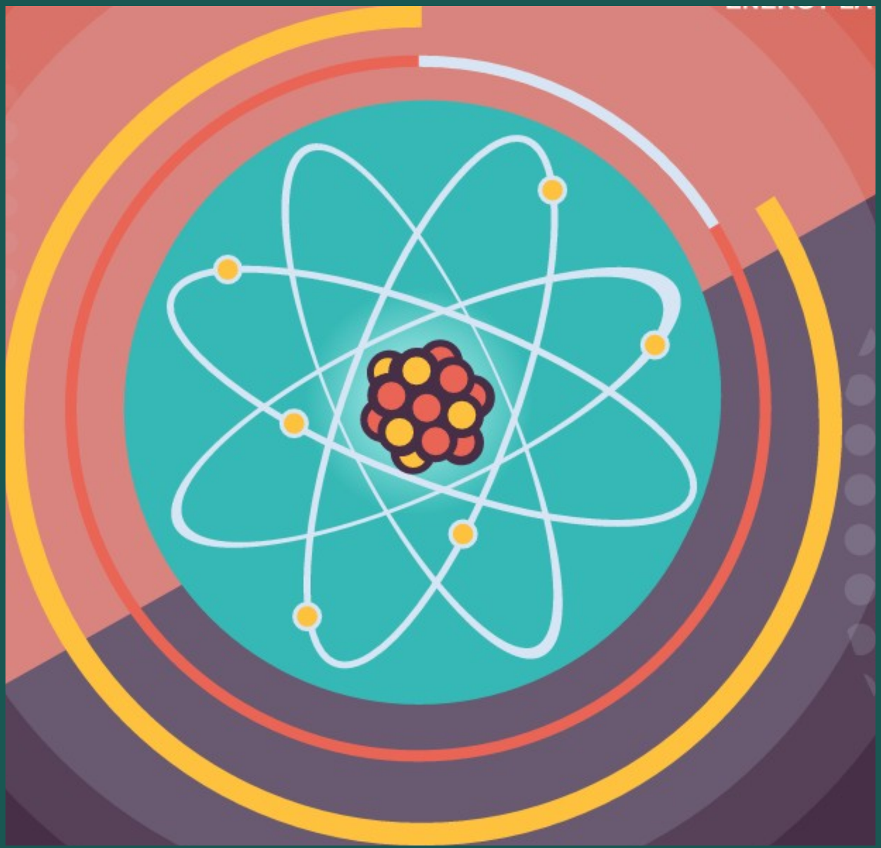


2024/10/2

电子在空间的运动状态



电子在空间的运动状态是什么样的?

在电子层上绕核作圆周运动?

重慶市第八中學校
Chongqing No.8 Secondary School

END
GO
重庆市第八中学
校(渝北校区)
北路
上东
鹏润·悦
上东3期
新城路
渝北区国有资产
监督管理委员会
民爱路
公园北路
渝北区政务
中心
nice!
今日份快樂!!
happy
5.00 公里
动态轨迹
慢
快
6'52''
平均配速
00:34:25
用时
269
消耗大卡

描述电子的运动状态

沃纳·海森堡，**1932** 年诺贝尔物理学奖

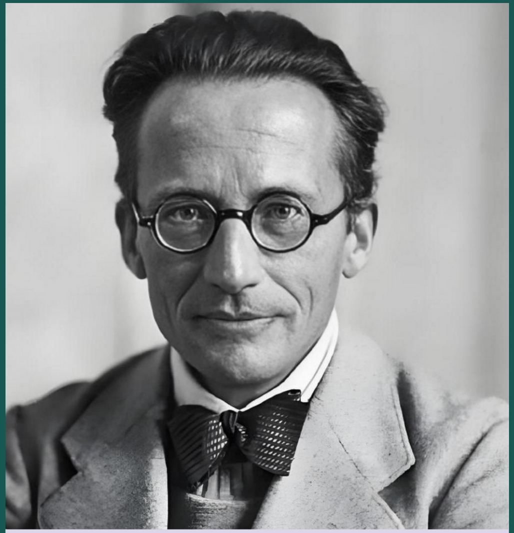
位置　　动量

不确定性原理（测不准原理）

结论：电子的位置和速度不可能同时准确测定

无法分辨电子的运动轨迹

但是可以通过数学处理计算电子在空间某处出现的概率



埃尔温·薛定谔，**1933** 年诺贝尔物理学奖

一、电子云

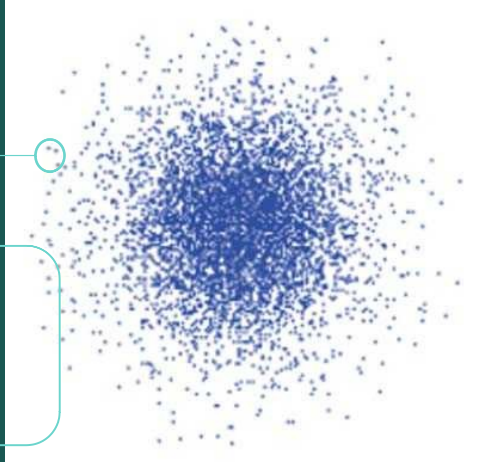
电子在核外空间各处都可能出现，但概率不同

概率密度 $\rho =$

P：电子在某处出现的概率

V：该处的体积

氢原子 1s 电子的概率密度分布图



一个小点表示一个电子吗?

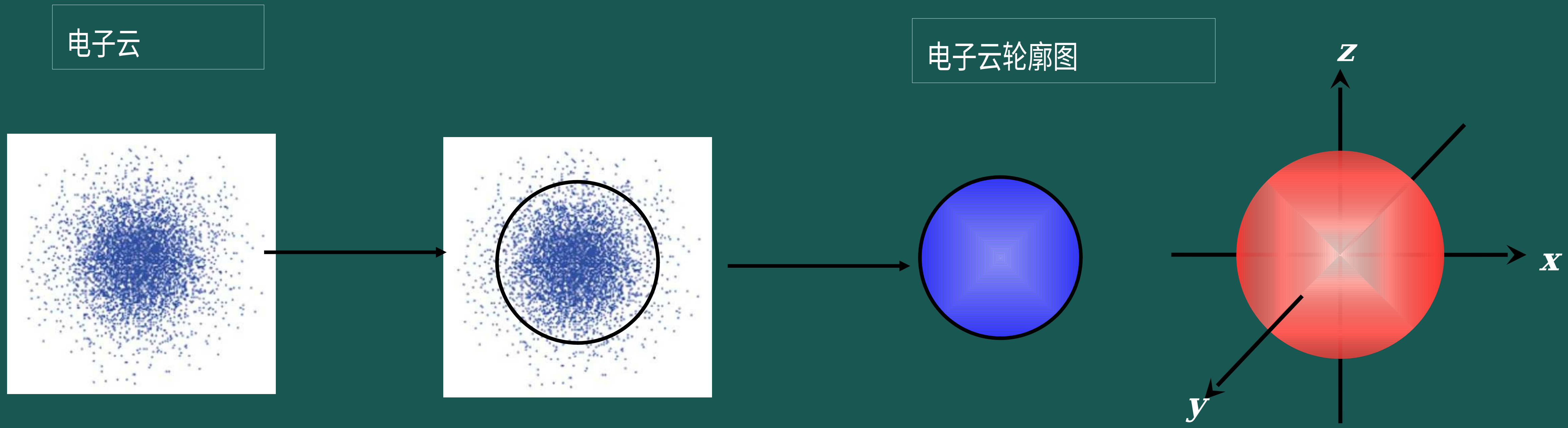
小点：电子在此处的概率密度

离核越近，小点越密，电子在此处出现的概率密度越大

1. 电子在核外的概率密度分布像云雾一样，因此被形象地被称作电子云

2. 电子云轮廓图

将电子在原子核外空间出现的概率 **P** = **90%** 的空间圈出来，绘制电子云的轮廓图，便可描绘电子云的形状。



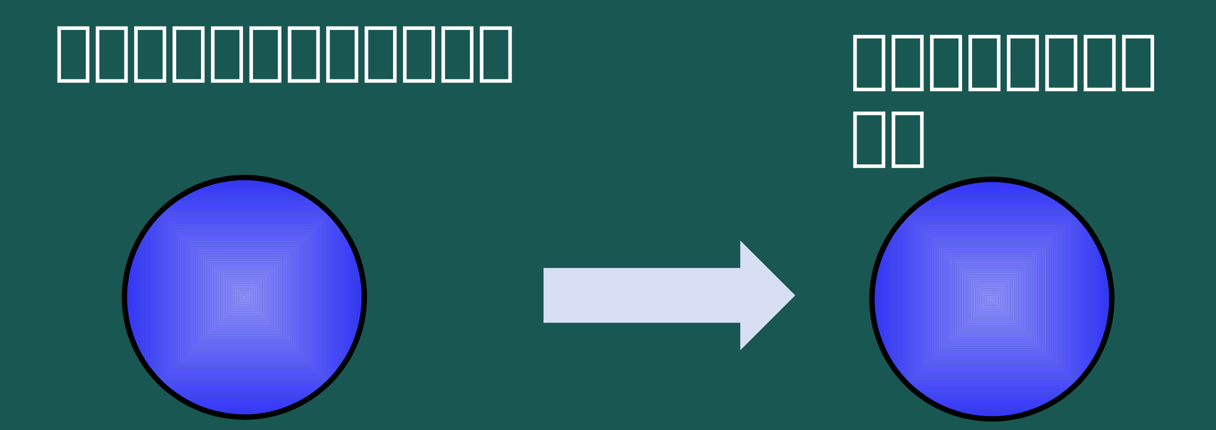
氢原子的 **1s** 电子云轮廓绘制过程

一、电子云

3. 意义：电子云轮廓图可以形象描述电子的的空间运动状态

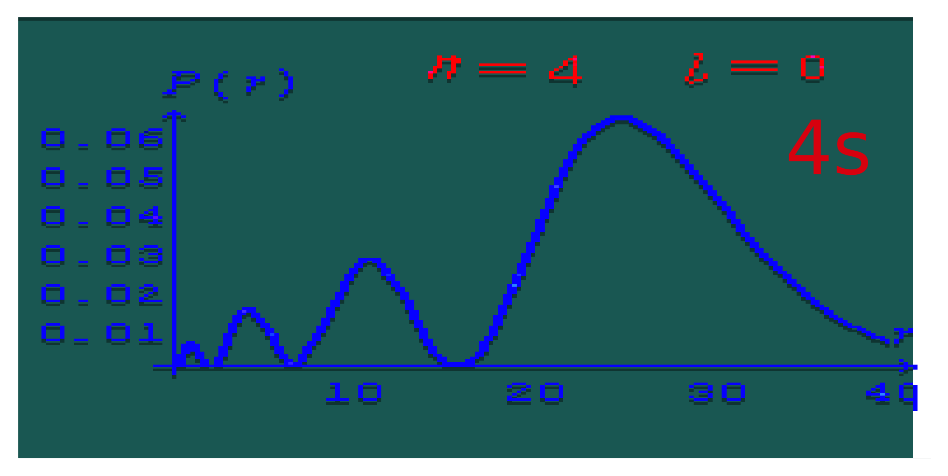
电子云轮廓图的形状与取向 原子轨道的形状与
取向

诚 勤 立 达



1. s 电子云轮廓图

图 1-9 同一原子的s电子的电子云轮廓图

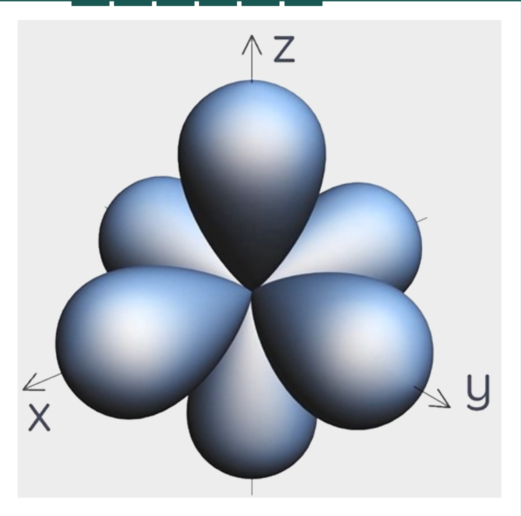


规律： ①任一能层的 s 电子的电子云形状相同，均为球形

② 同一原子的能层越高， s 电子云半径越大。

电子能量越高，电子在离核更远的区域出现的概率越大，电子云越来越向更大的空间扩展。

2. p 电子云轮廓图



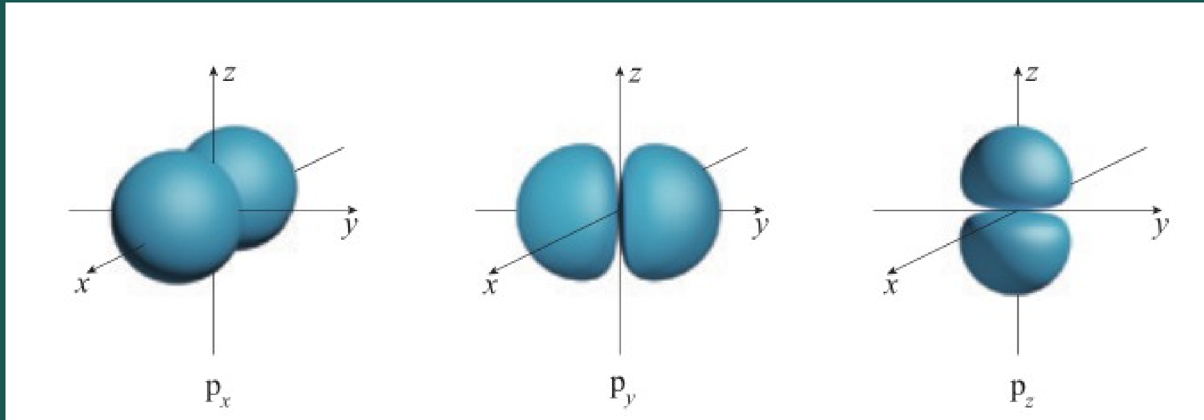


图 1-11 p_x、p_y、p_z的电子云轮廓图

① 每个 **p** 能级有 **3** 个相互垂直的电子云，有 **x**、**y**、**z** **3** 个取向，以 p_x、p_y、p_z 表示（**3** 个原子轨道）。

②**p** 能级的电子云都是哑铃形的

③$E_{2px}=E_{2py}=E_{2pz}$ 。（简并轨道）

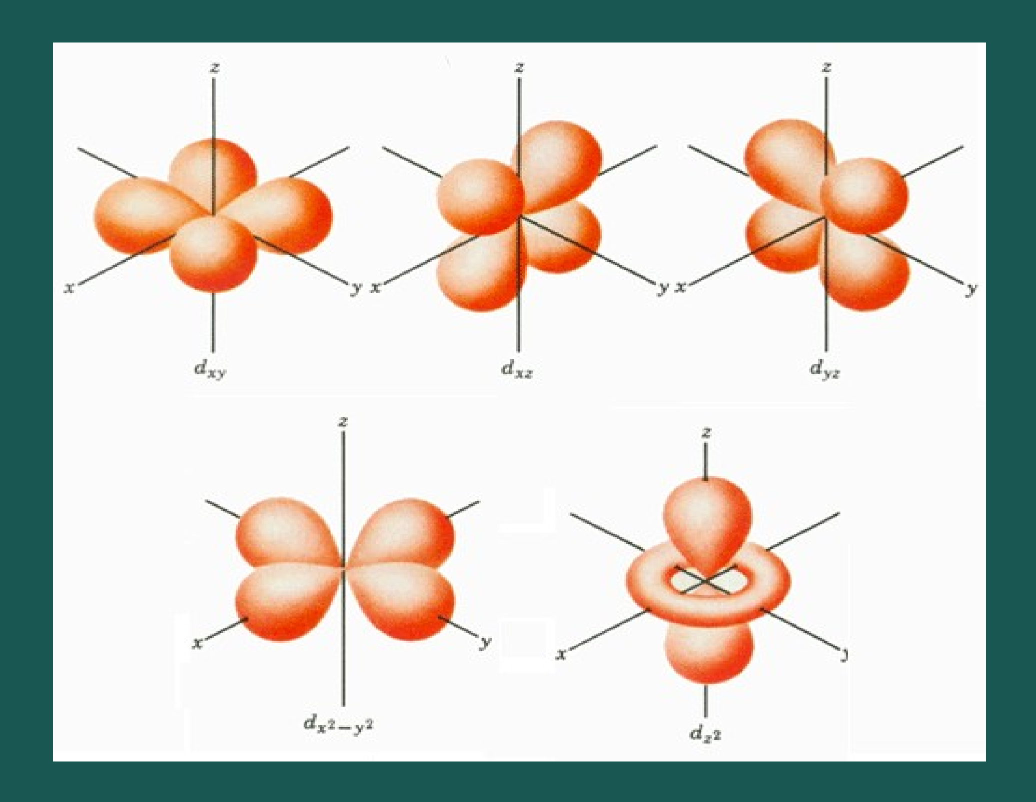
④ 能层越高，**p** 电子云半径越大。

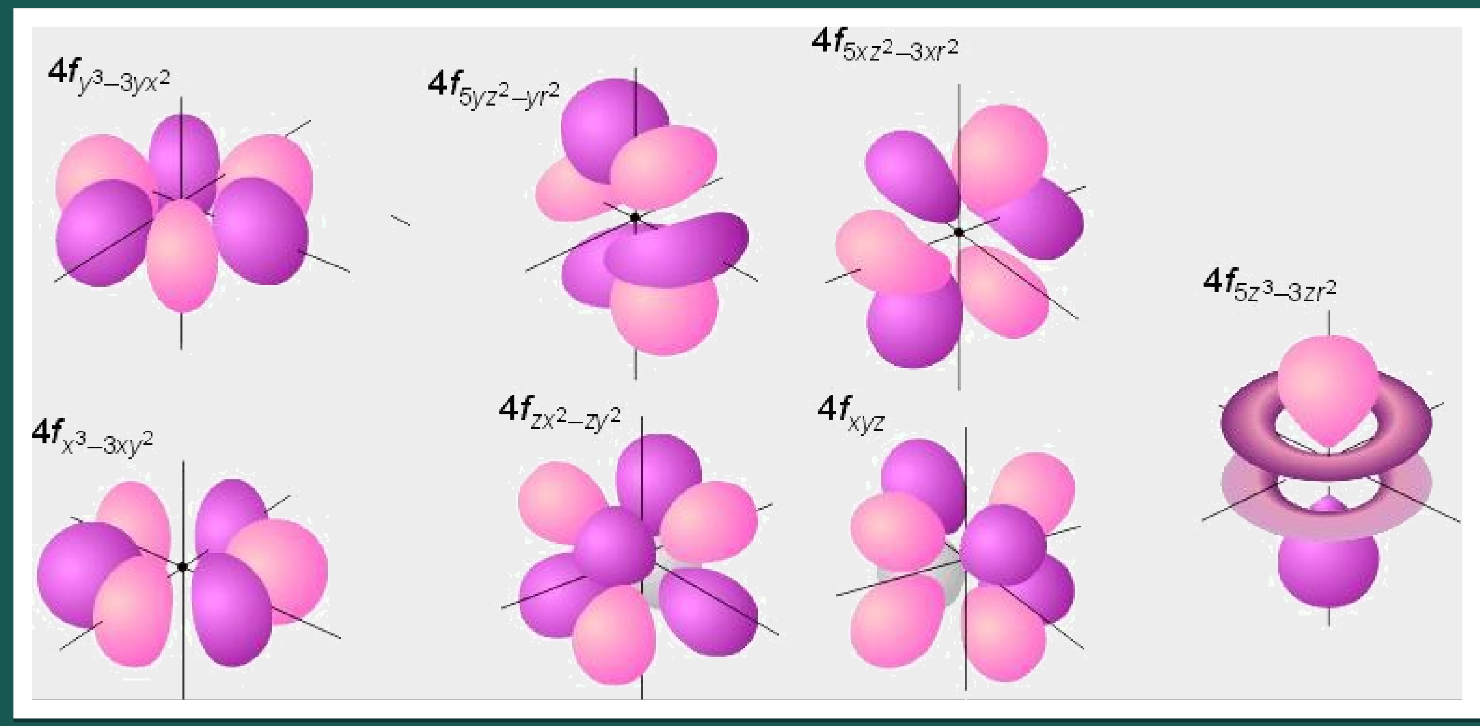
□□□□□□□□□

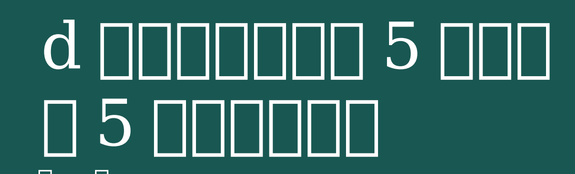
重慶市第八中學校
Chongqing No.8 Secondary School

□□□□□□□□□

□□□□□□□s□p□□□□□□□


d_{xy}
d_{xz}
d_{yz}
$d_{x^2-y^2}$
d_{z^2}


$4f_{y^3-3yx^2}$
$4f_{5yz^2-yr^2}$
$4f_{5xz^2-3xr^2}$
$4f_{5z^3-3zr^2}$
$4f_{x^3-3xy^2}$
$4f_{zx^2-zy^2}$
$4f_{xyz}$


d□□□□□□□5□□□
□5□□□□□□

f□□□□□□□7□□□□7□□□
□□□

原子轨道的符号：能级符号（+ 下标）

第 n 层的原子轨道数为 n^2

n	能层	能级	原子轨道数	原子轨道符号	原子轨道的形状和取向	
					形状	取向
1	K	1s	1	1s	球形	
2	L	2s	1	2s	球形	
		2p	3	$2p_x$、$2p_y$、$2p_z$	哑铃形	互相垂直
3	M	3s	1	3s	球形	
		3p	3	$3p_x$、$3p_y$、$3p_z$	哑铃形	互相垂直
		3d	5	·····	·····	
4	N	4s	1	4s	球形	
		4p	3	$4p_x$、$4p_y$、$4p_z$	哑铃形	互相垂直

1、原子核外的电子像云雾一样笼罩在原子核周围，故称电子云。（）

2、电子云中每个小点表示 1 个电子。（）

3、s 能级的原子轨道呈球形，处在该轨道的电子只能在球壳内运动。（）

4、同一原子中，2p、3p、4p 能级的原子轨道数依次增多。（）

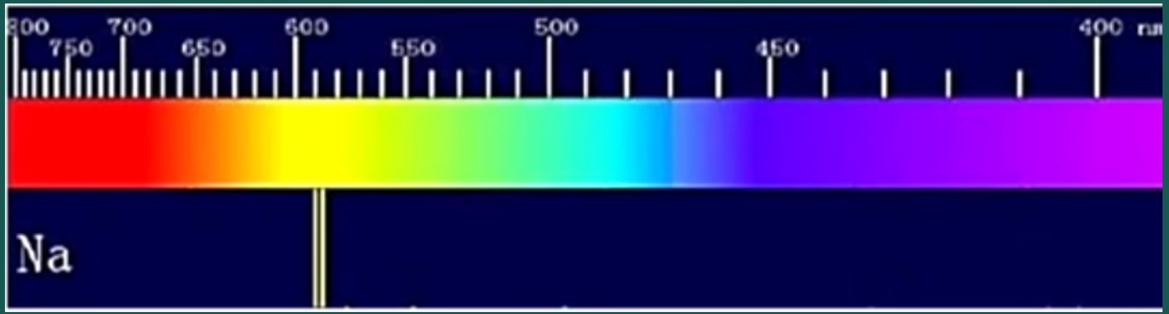
5、2p 和 3p 轨道形状均为哑铃形，能量也相等。（）

6、$2p_x$、$2p_y$、$2p_z$ 的能量相等。（）

7、基态 F 原子电子占据最高能级的电子云轮廓图为 ______ 形

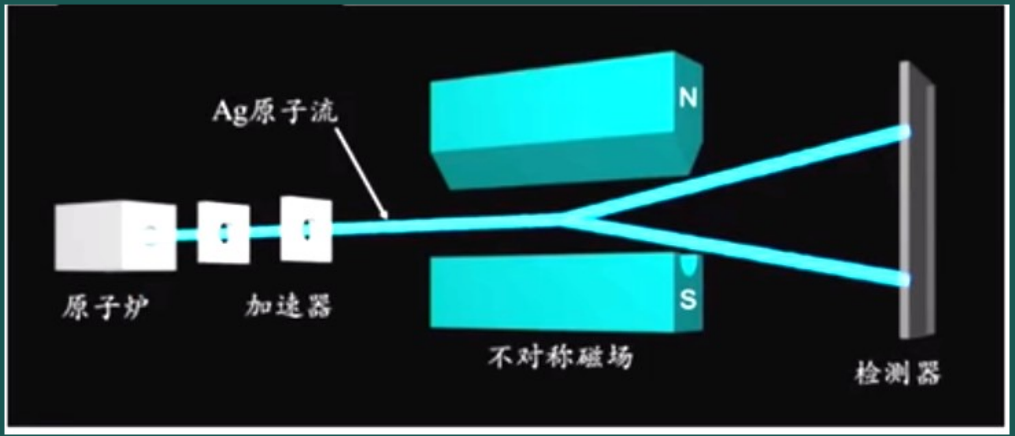
三、电子自旋状态

钠原子光谱实验



只有 **1** 个最外层电子的碱金属原子光谱会在光谱里呈现双线

斯特恩——盖拉赫实验



只有 **1** 个最外层电子的银原子在外加电场里加速飞行通过一个不对称磁场时会分成两束

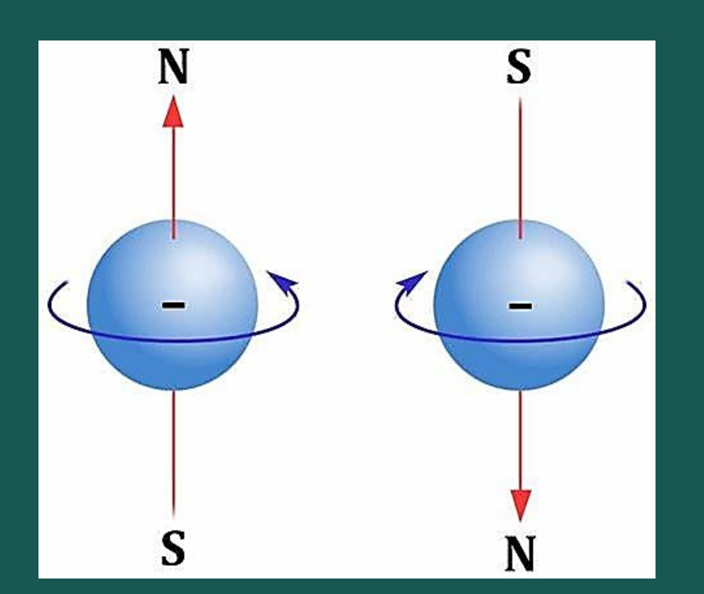
提出猜想：轨道中的单电子可能存在两种不同的运动状态

1925 年：乌伦贝克和哥德斯密根据实验事实提出概念“电子自旋”，电子除了空间运动状态外，还存在一种运动状态叫自旋。

三、电子自旋状态

1. 电子自旋在空间有顺时针和逆时针两种取向，简称自旋相反，常用上下箭头 (“↑”“↓”)表示自旋相反的电子。

诚 勤 立 达



三、电子自旋状态

重庆市第八中学校 Chongqing No.8 Secondary School

根据已学的知识，填写下表：

能级	*s*	*p*	*d*	*f*
原子轨道数	1	3		5
最多可容纳电子数	2	7 6		10

14

一个轨道最多容纳两个电子

第 **n** 层的原子轨道数为 n^2

最多容纳电子数是 $2n^2$

2. 泡利原理（也称泡利不相容原理）（1925 年）

在一个原子轨道里，最多只能容纳 2 个电子，它们的自旋相反

一个原子中没有运动状态相同的电子

练习

1、基态 F原子核外电子的运动状态有________种

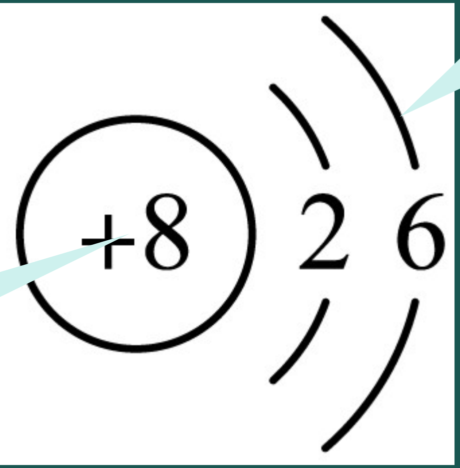
2、基态 Na原子核外电子的空间运动状态有________种

诚 勤 立 达

重慶市第八中學校
Chongqing No.8 Secondary School

1. 原子结构示意图

电子层 ＋ 每层电子数



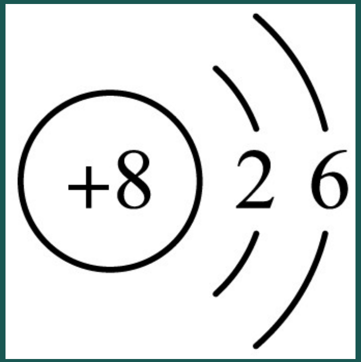
原子核及核电荷数

可表示能层

重慶市第八中學校
Chongqing No.8 Secondary School

2. 电子排布式

可表示能级



能级符号　电子数

O　$1s^2 2s^2 2p^4$

3. 轨道表示式（也叫电子排布图）

可表示原子轨道和自旋

五、基态原子核外电子排布规律

泡利原理

在一个原子轨道里，最多只能容纳 **2** 个电子，它们的自旋相反

能量最低原理

在构建基态原子时，电子将尽可能占据能量最低的原子轨道，使整个原子能量最低

洪特规则

五、基态原子核外电子排布规律

不同能级能量的关系

（**1**）同层不同能级的能量：**ns ＜ np ＜ nd ＜ nf**

（**2**）不同层相同能级的能量：**1s ＜ 2s ＜ 3s ＜ 4s…**

（**3**）能层能级均相同的原子轨道的能量：$2p_x=2p_y=2p_z$

不同能层，不同能级符号如何比较能量大小呢?

如 **2s** 和 **3p?**

五、基态原子核外电子排布规律

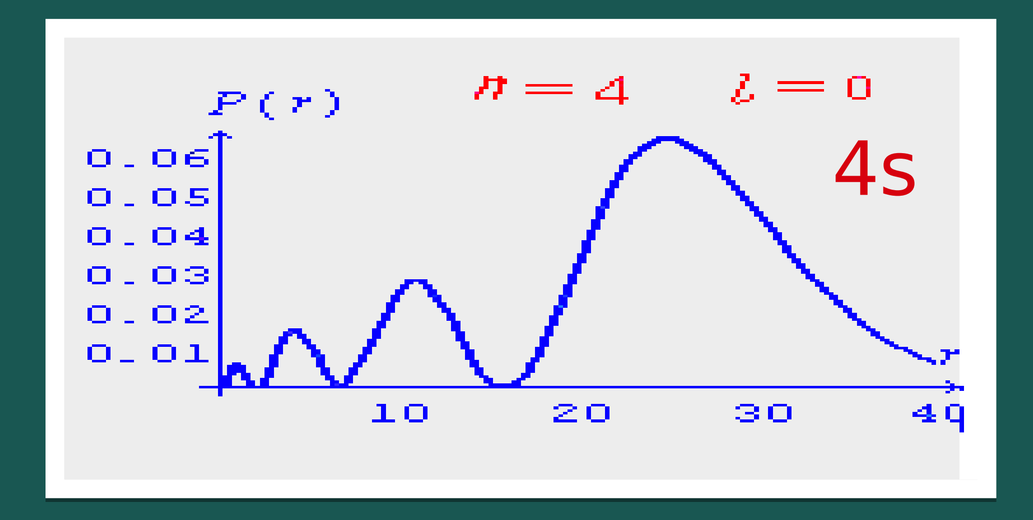
3d<4s<4p 4d<5s<5p

相邻两能级能量相差不大时，有 1~2 个电子占据能量较高的能级，降低电子排斥能使整个原子能量更低

最终的填入顺序是怎样的呢？

4s

诚 勤 立 达



重慶市第八中學校
Chongqing No.8 Secondary School

构造原理

经验性规律

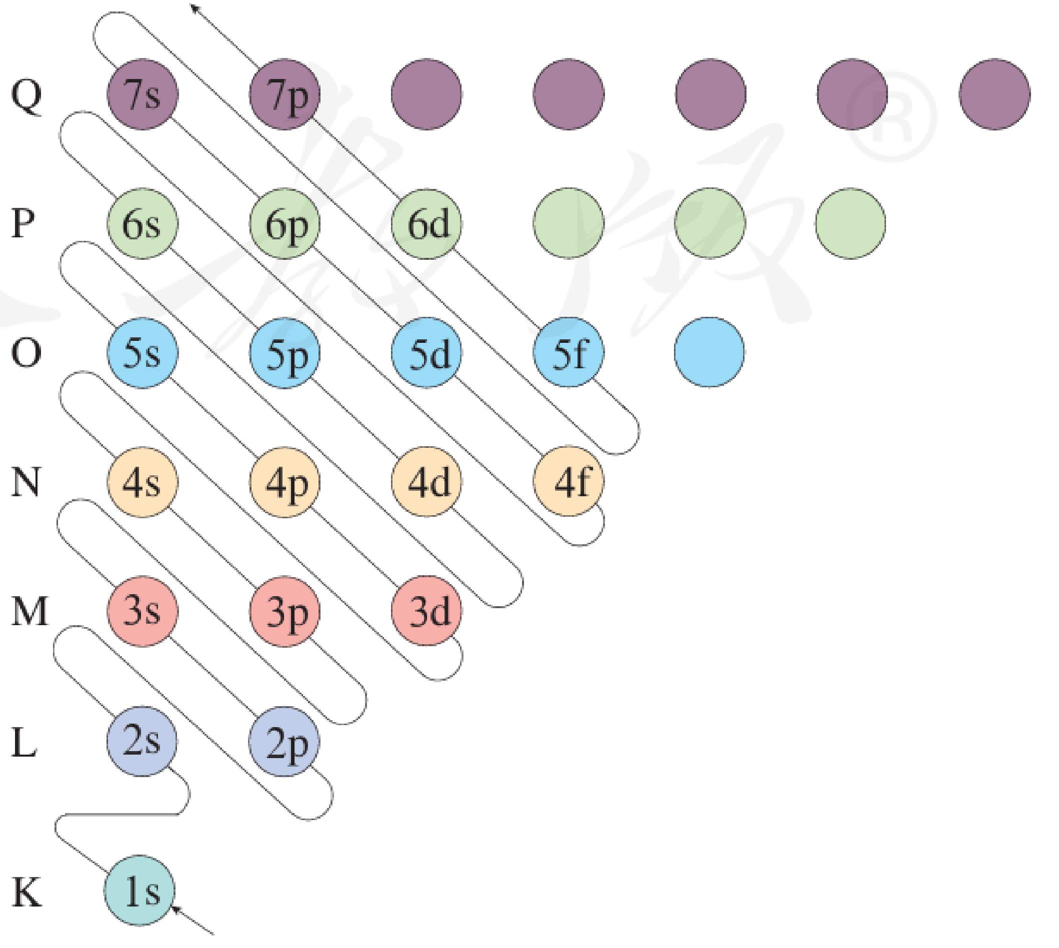


图 1-5　构造原理示意图

以光谱学事实为基础，从氢开始，随核电荷数递增，新增电子填入能级的顺序被称为构造原理。

1s→2s → 2p → 3s → 3p → 4s → 3d → 4p →5s

能级交错

ns → (n-2)f → (n-1)d → np